

LES FEUX DE FORÊT EN CONTEXTE DE CHANGEMENTS CLIMATIQUES AU QUÉBEC

Hussein Wazneh, Chercheur Centre RISC
Jonathan Boucher, Chercheur RNCAN
Mahmoud Fayazi, Chercheur Centre RISC

Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada



**CENTRE
RISC**

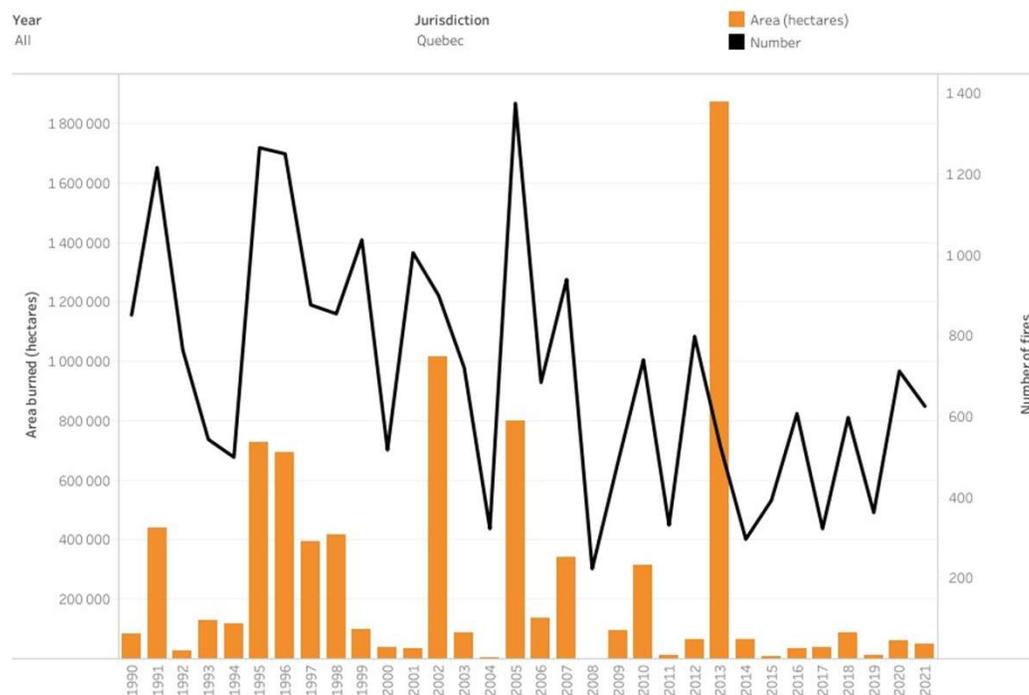
CENTRE DE RECHERCHE
ET D'INNOVATION
EN SÉCURITÉ CIVILE
DU QUÉBEC

CONTEXTE



- 4,3 millions d'hectares de forêt brûlés et 713 incendies (2023, Québec)
- Le Québec est la province canadienne où les infrastructures sont directement ou indirectement les plus exposées aux feux de forêt¹
- La population du Québec a augmenté dans des secteurs considérés à haut risque d'incendie de végétation¹

Variabilité annuelle de la superficie forestière brûlée et nombre d'incendies de forêt entre 1990 et 2021 au Québec. (National Forestry database, 2023).

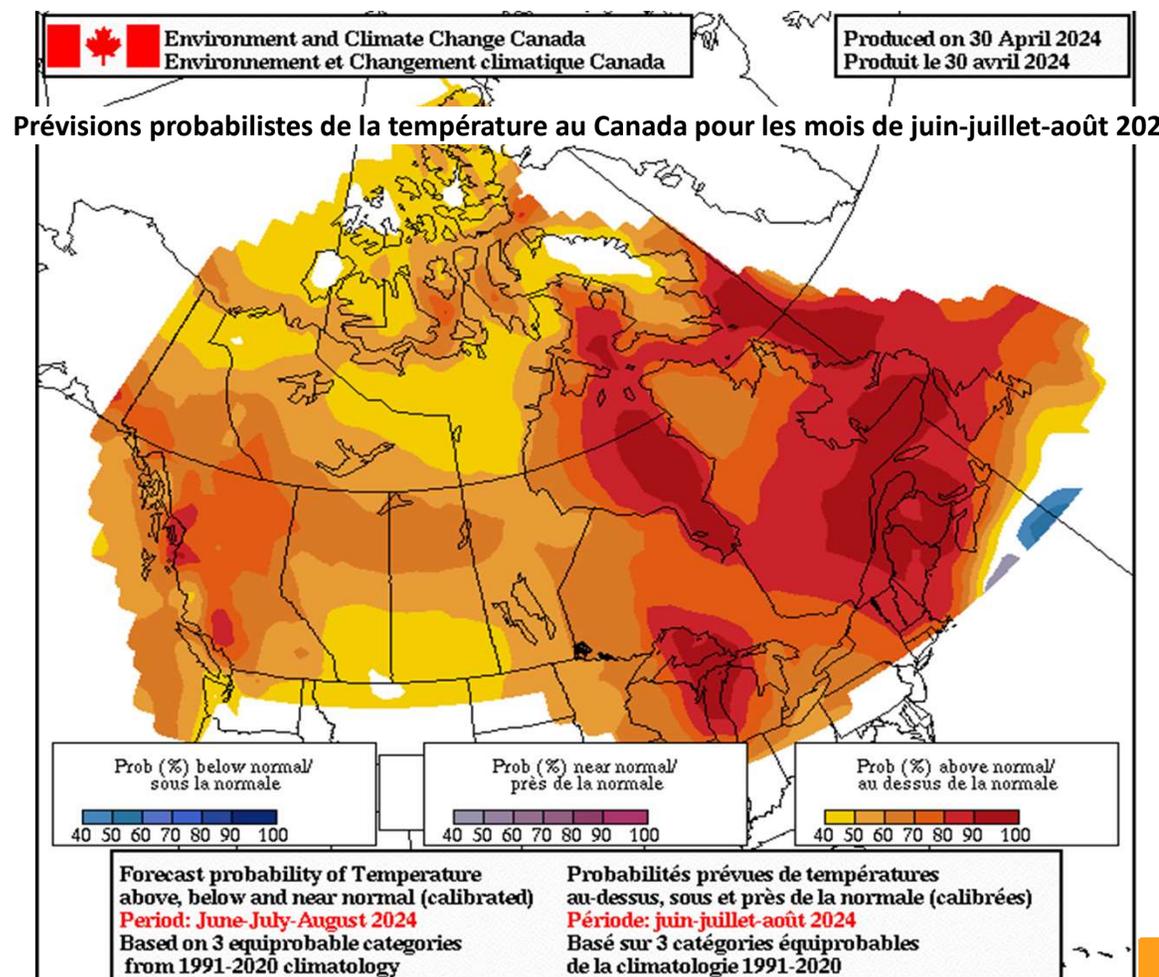


¹Sandy Erni, Xianli Wang, Tom Swystun, Stephen W. Taylor, Marc-André Parisien, François-Nicolas Robinne, Brian Eddy, Jackie Oliver, Brad Armitage, Mike D. Flannigan,(2024). **Mapping wildfire hazard, vulnerability, and risk to Canadian communities**, International Journal of Disaster Risk Reduction,

CONTEXTE

Un contexte favorable à une nouvelle saison de feux de forêt active et intense en 2024 au Québec :

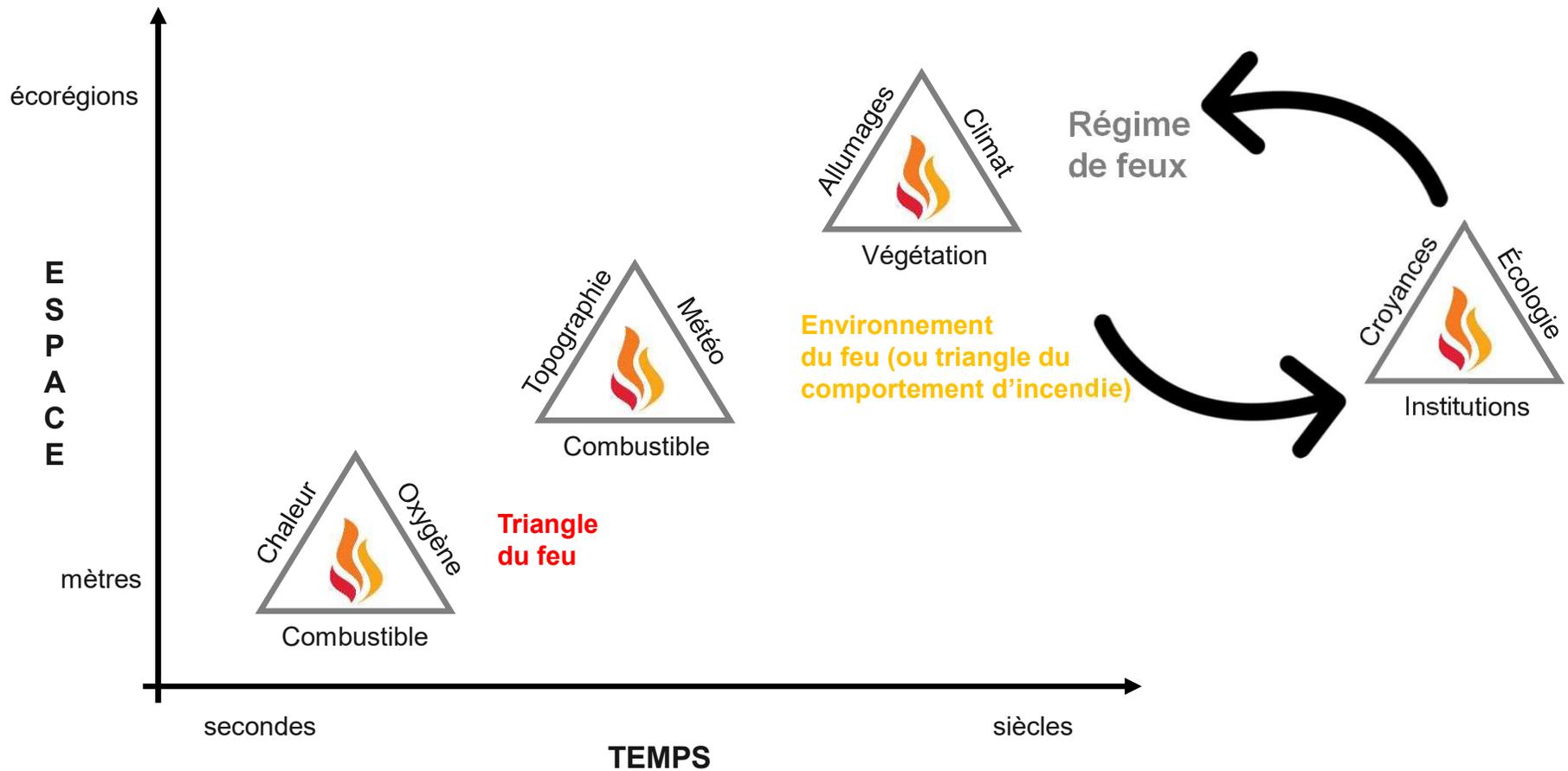
- Hiver a été marqué par des températures supérieures à la normale
- Manque de précipitations (conditions de sécheresse généralisées)
- Températures bien au-dessus des normales saisonnières (prévision RNCAN)





**DYNAMIQUE DES INCENDIES
DE FORÊTS AU QUÉBEC:
D'HIER À DEMAIN**

Échelles de temps et d'espace en relation avec le feu



La MCÉDIF

La Méthode canadienne d'évaluation des dangers d'incendie de forêt (MCEDIF) est un outil important dans la gestion des incendies depuis 1992 :

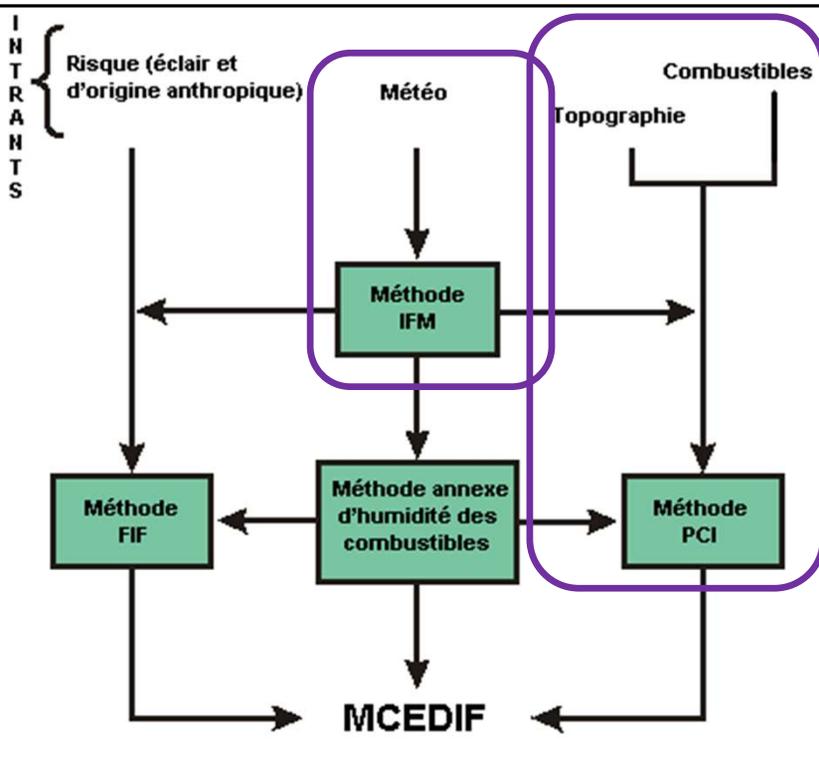


Méthode canadienne de l'indice forêt-météo (IFM) :

- État d'assèchement de la forêt grâce au suivi des paramètres météo (T° , Précip., HR, VV)

Méthode canadienne de prévision du comportement des incendies de forêt (PCI) :

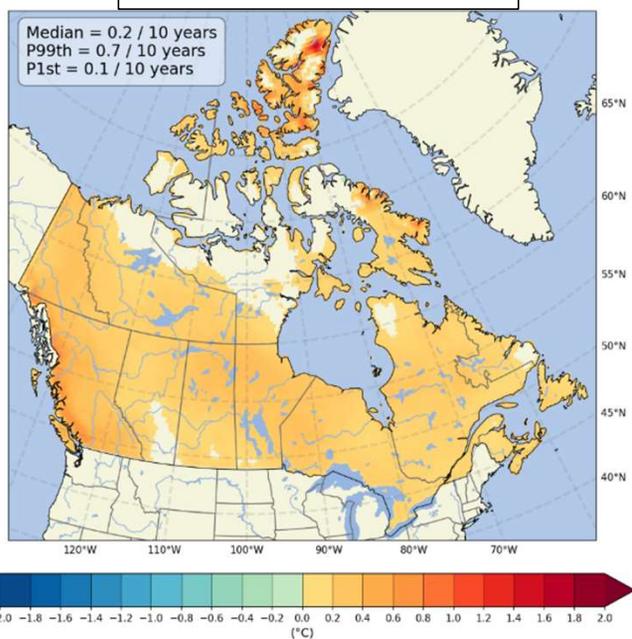
- Vitesse de propagation (m/min)
- Intensité du feu (kW/m)



Tendances dans les paramètres météo

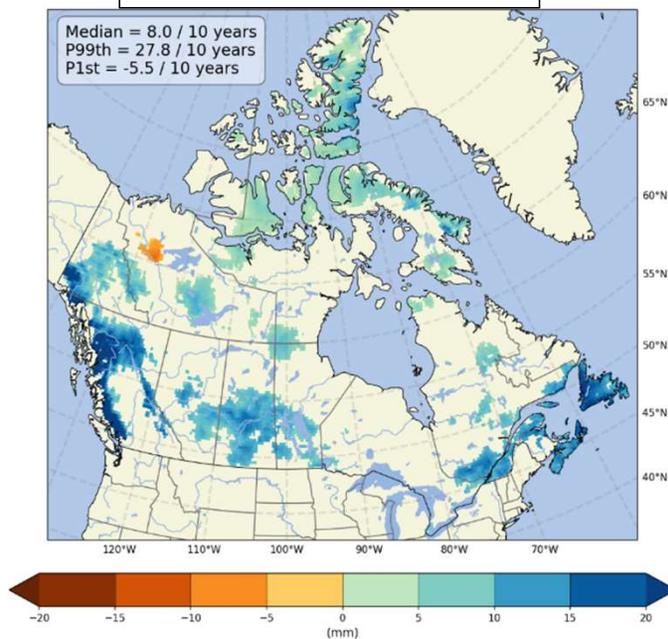
Pour les saisons de feux de 1950-2020

Température moyenne
Saison de feux



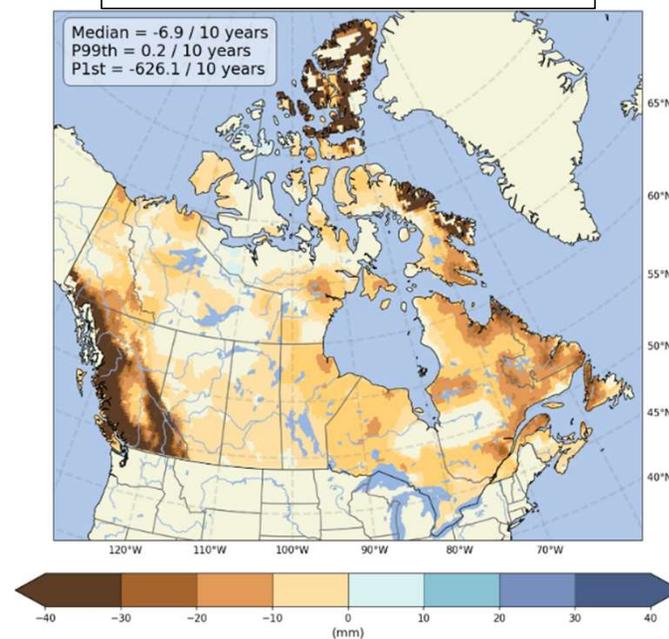
Période de référence / Ref. Period: 1950-2020
Données / Data: ERA5
Projection: Conique conforme de Lambert / Lambert conformal conic
©Clémence Benoit, ESCER, UQAM, 2022

Précipitation totale
Saison de feux



Période de référence / Ref. Period: 1950-2020
Données / Data: ERA5
Projection: Conique conforme de Lambert / Lambert conformal conic
©Clémence Benoit, ESCER, UQAM, 2022

Équivalent de neige en eau
(MAM)



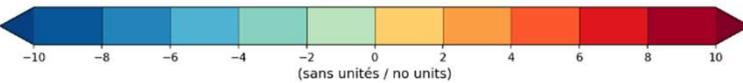
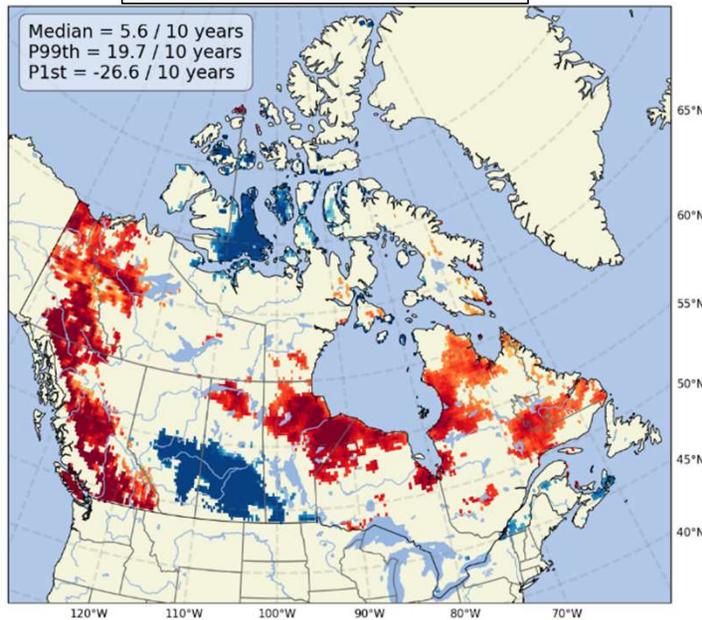
Période de référence / Ref. Period: 1950-2020
Données / Data: ERA5
Projection: Conique conforme de Lambert / Lambert conformal conic
©Clémence Benoit, ESCER, UQAM, 2022

Tendances dans les Indices Forêt-Météo (1950-2020)



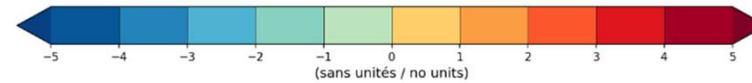
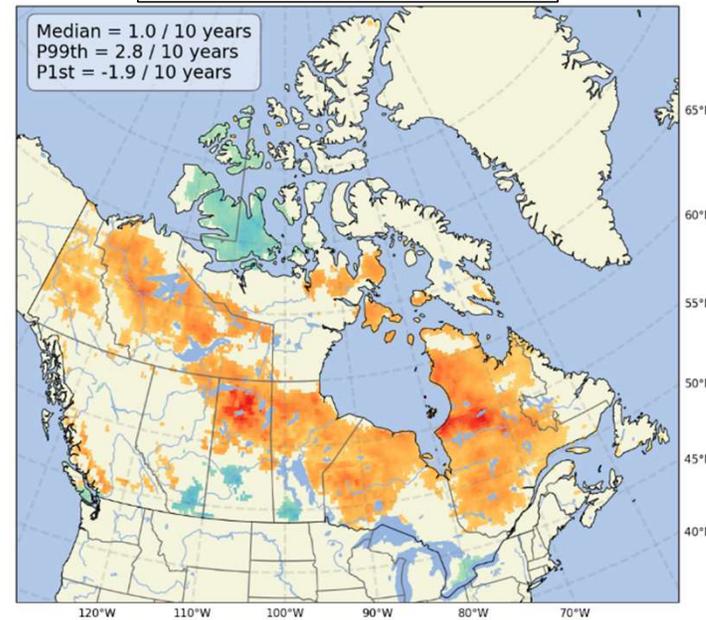
Indice de Sécheresse
(Juillet)

Median = 5.6 / 10 years
P99th = 19.7 / 10 years
P1st = -26.6 / 10 years



IFM maximum
Saison de feux

Median = 1.0 / 10 years
P99th = 2.8 / 10 years
P1st = -1.9 / 10 years



Période de référence / Ref. Period: 1950-2020
Données / Data: ERA5
Projection: Conique conforme de Lambert / Lambert conformal conic
©Clémence Benoit, ESCER, UQAM, 2023

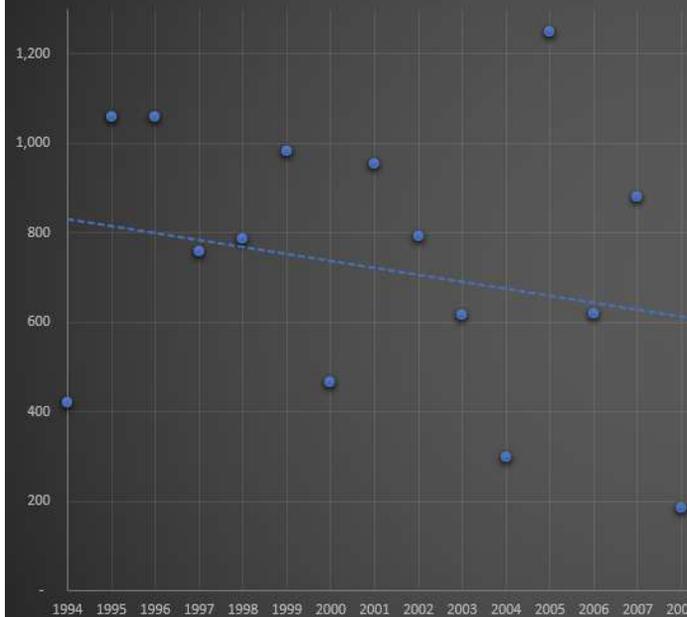
Période de référence / Ref. Period: 1950-2020
Données / Data: ERA5
Projection: Conique conforme de Lambert / Lambert conformal conic
©Clémence Benoit, ESCER, UQAM, 2023

Gachon et al. 2023

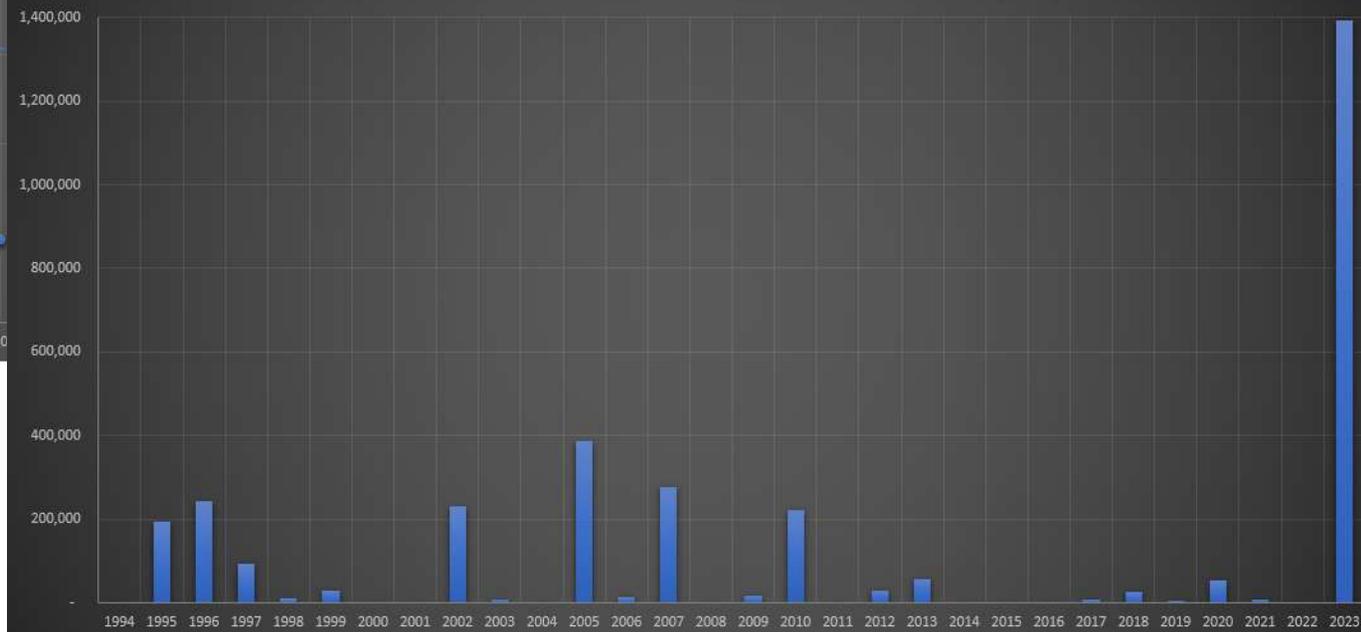
Tendances au niveau des incendies au Québec



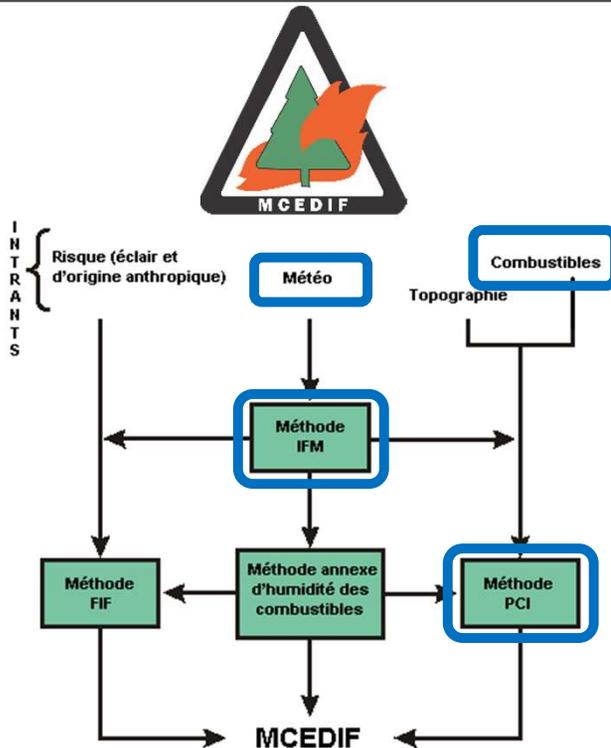
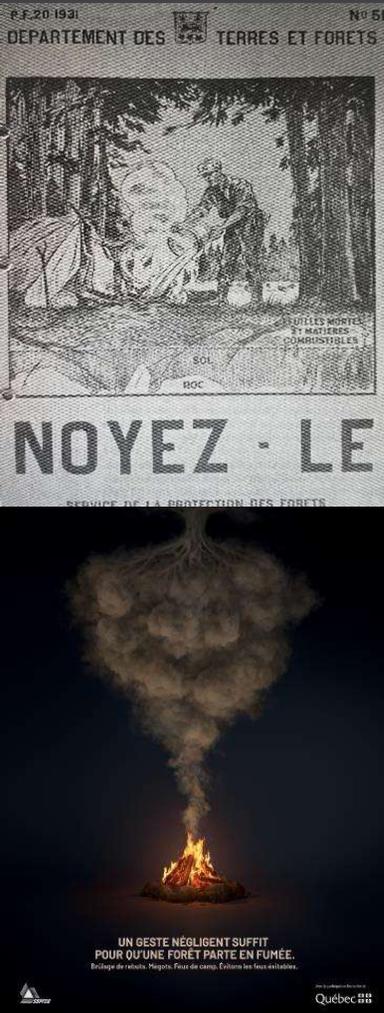
Nombre de feux en Zone de protection intensive (ZPI)



Superficies brûlées en Zone de protection intensive (ZPI)



Au Québec, comment le potentiel d'incendie a évolué de 1977-2022?



Saison de feux du 1^{er} avril au 31 octobre

1. Reconstitution des combustibles (1977-2022);
2. Réanalyse des paramètres météo et indices de la Méthode IFM (1977-2022);
3. Calcul de l'intensité potentielle du front de flammes (kW/m);
4. Scénarios d'analyse:
 1. *Météo fixe (journée de propagation) et combustibles variables;*
 2. *Combustible fixe (C-3) et météo variable;*
 3. *Météo et combustibles variables tel qu'observé pour la période.*

Les combustibles ont beaucoup changé depuis les années 70



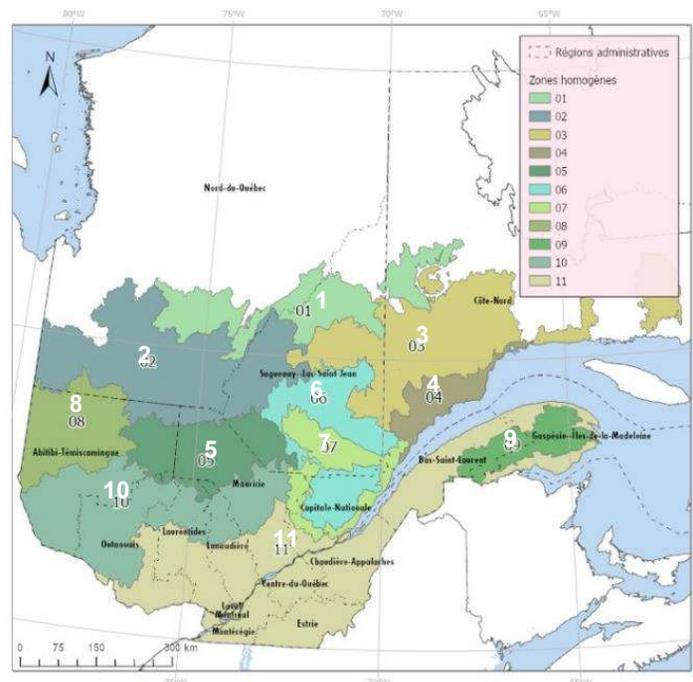
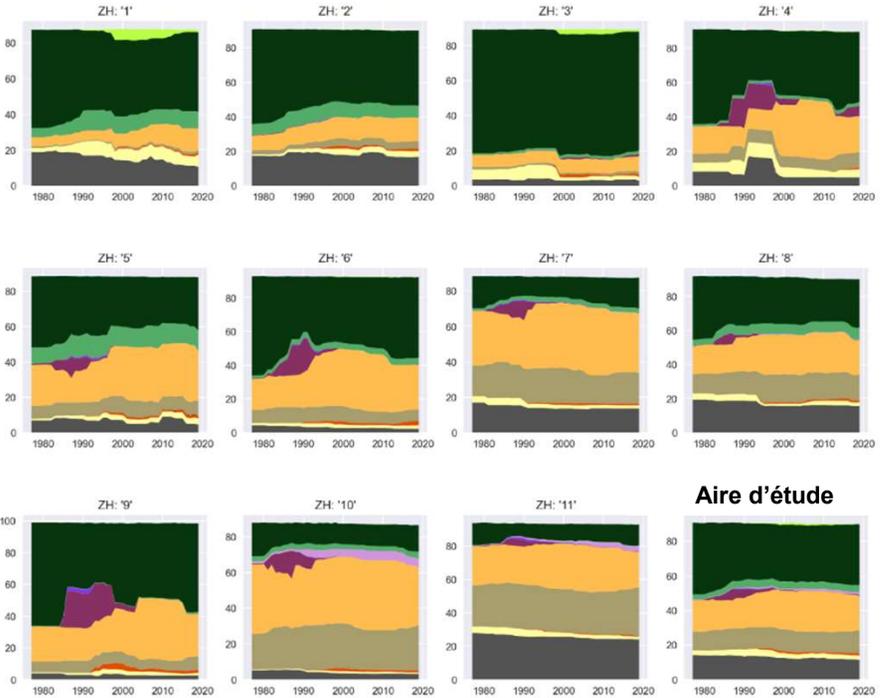
Progression du combustible de forêt mixte vers le nord (1977-2022)



Conifères (C2) remplacés par mixte feuillu-résineux (M1/M2)

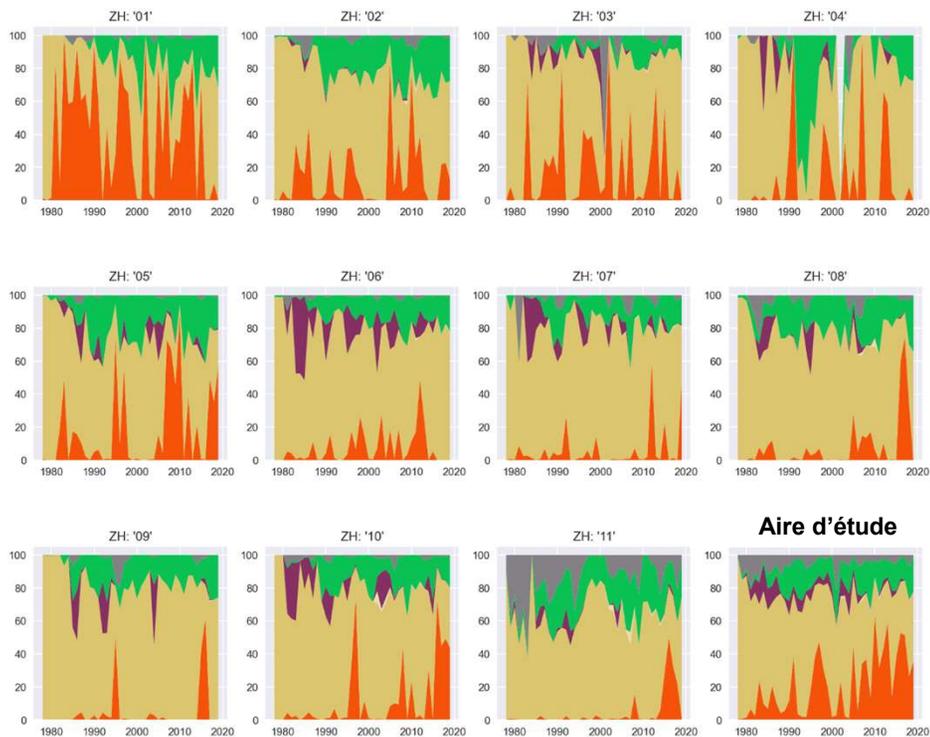


Pourcentage de couverture par type de combustible et par Zone Homogène

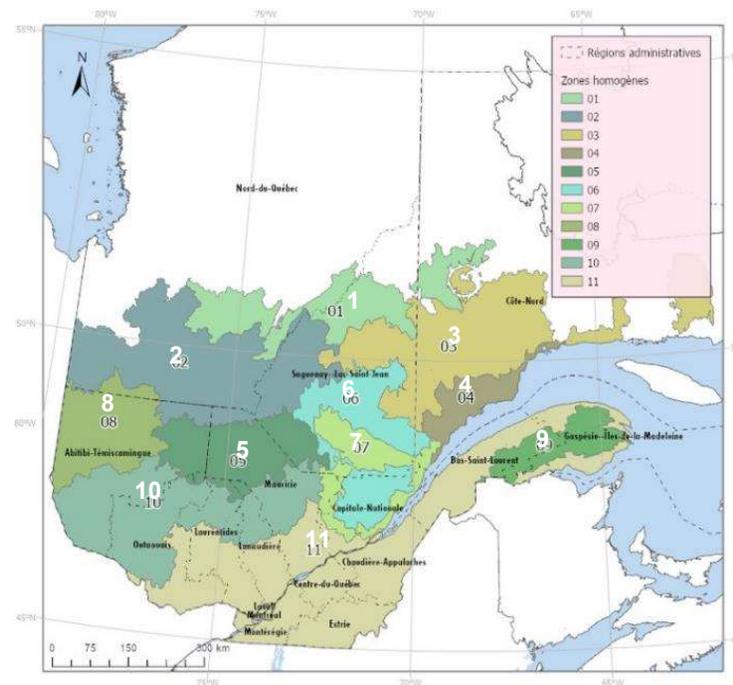


Changements principalement causés par coupes et feux

Pourcentage de couverture par type de perturbation et par Zone Homogène



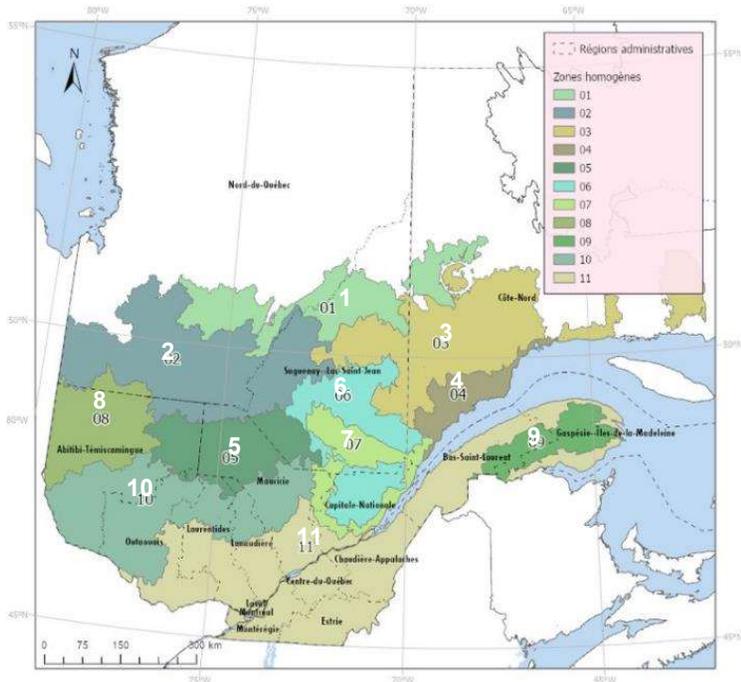
- AH
- AN
- PL
- ES
- CP
- CT
- BR



Scénario 1: *Météo fixe et combustibles variables*



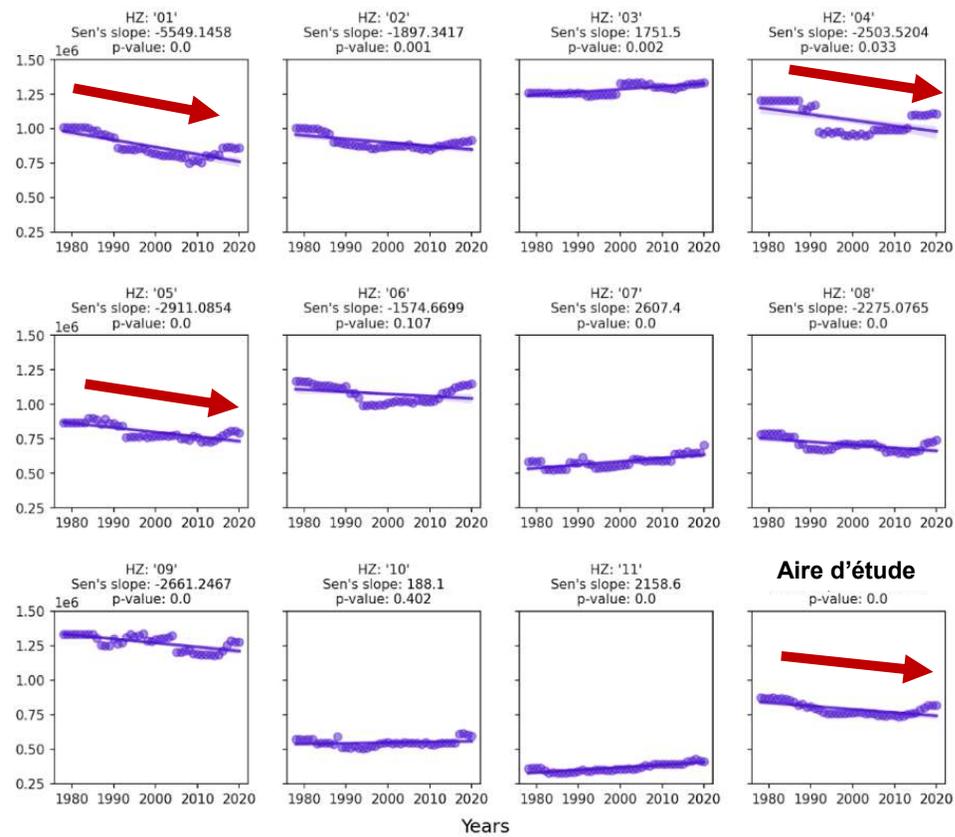
Toutes autres choses étant égales (météo fixe), les combustibles sont moins inflammables (1977-2022)



Intensité du front de flammes cumulée avec météo fixe (kW/m)

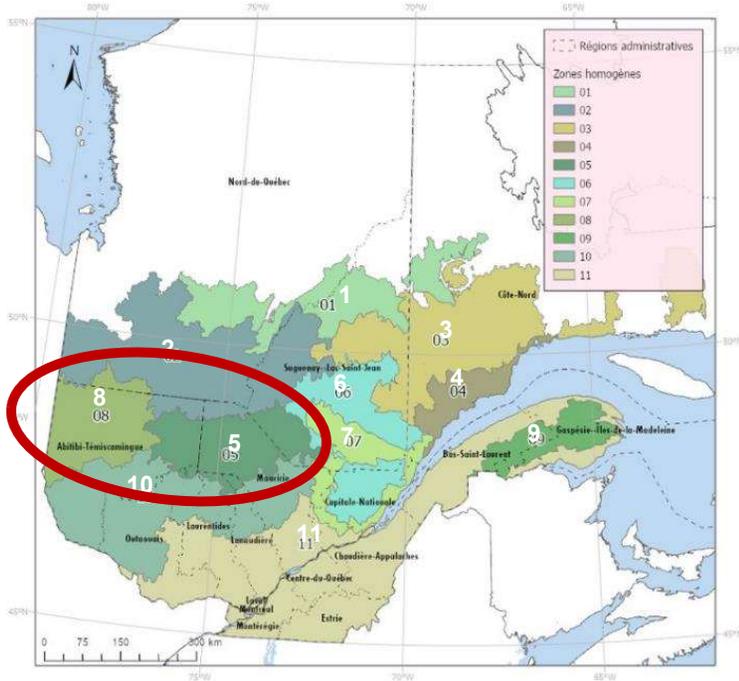
Cumulated HFI from April 1st to October 31th

Steady weather (typical propagation day)

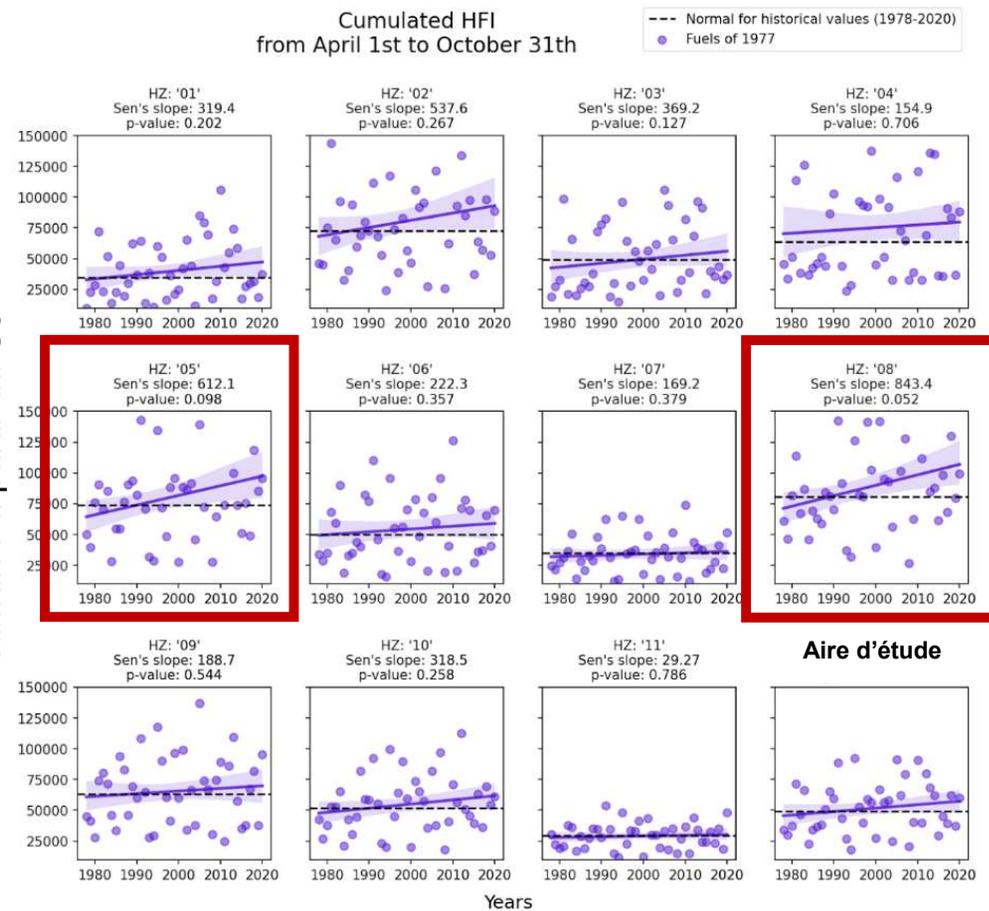


Scénario 2: Combustible fixe (C-3) et météo variable

Augmentation de l'intensité potentielle du feu pour la plupart des régions (1977-2022)



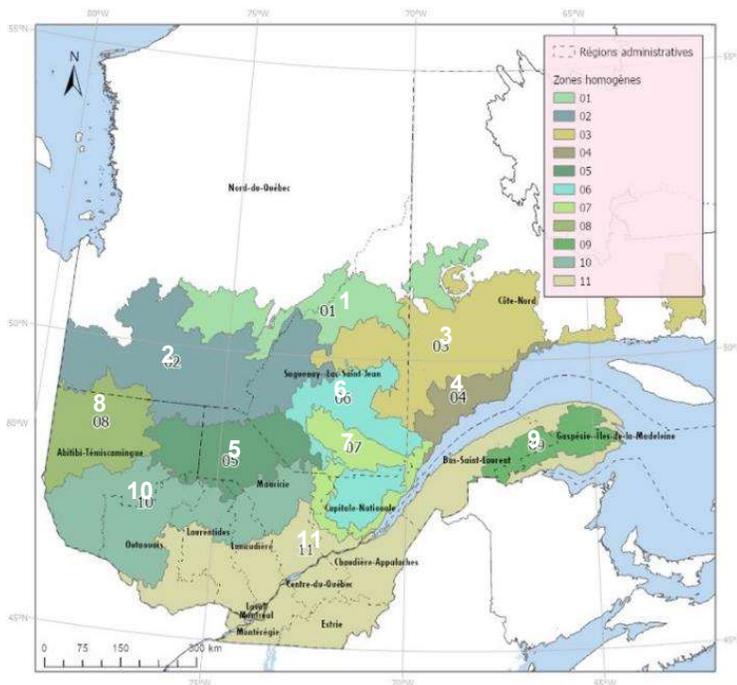
Intensité du front de flammes (kW/m) cumulée à partir du C3



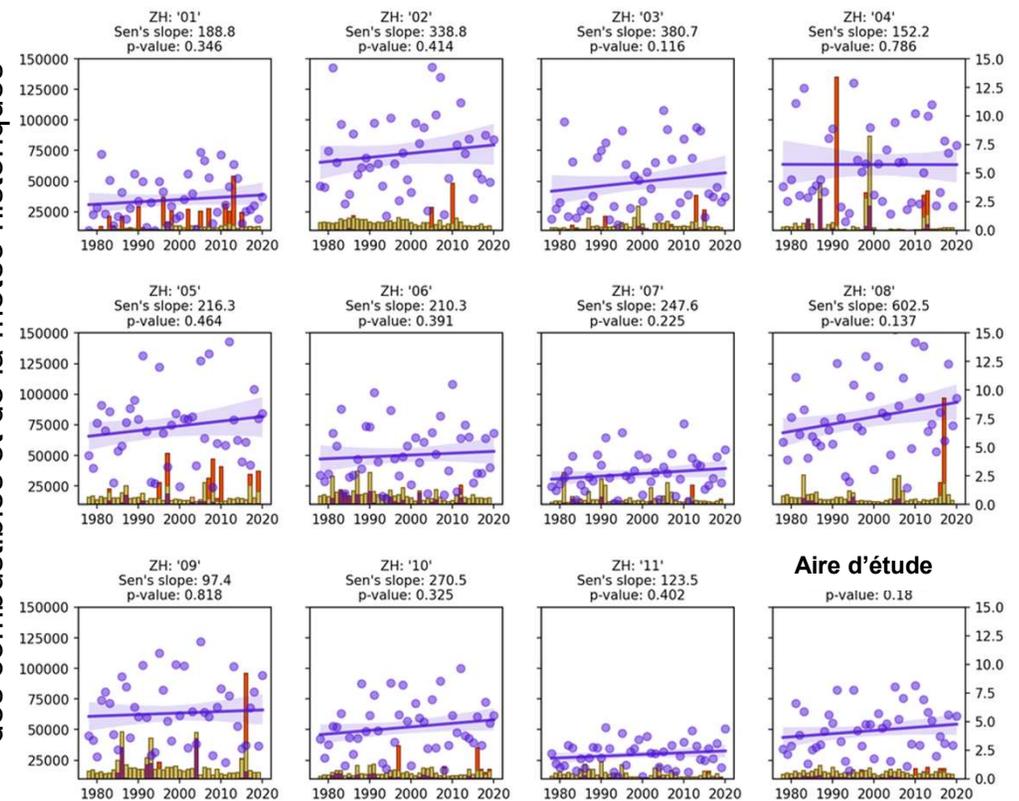
Aire d'étude

Scénario 3: Météo & Combustibles historiques

Pas de tendances significatives à l'échelle des Zones homogènes (1977-2022)

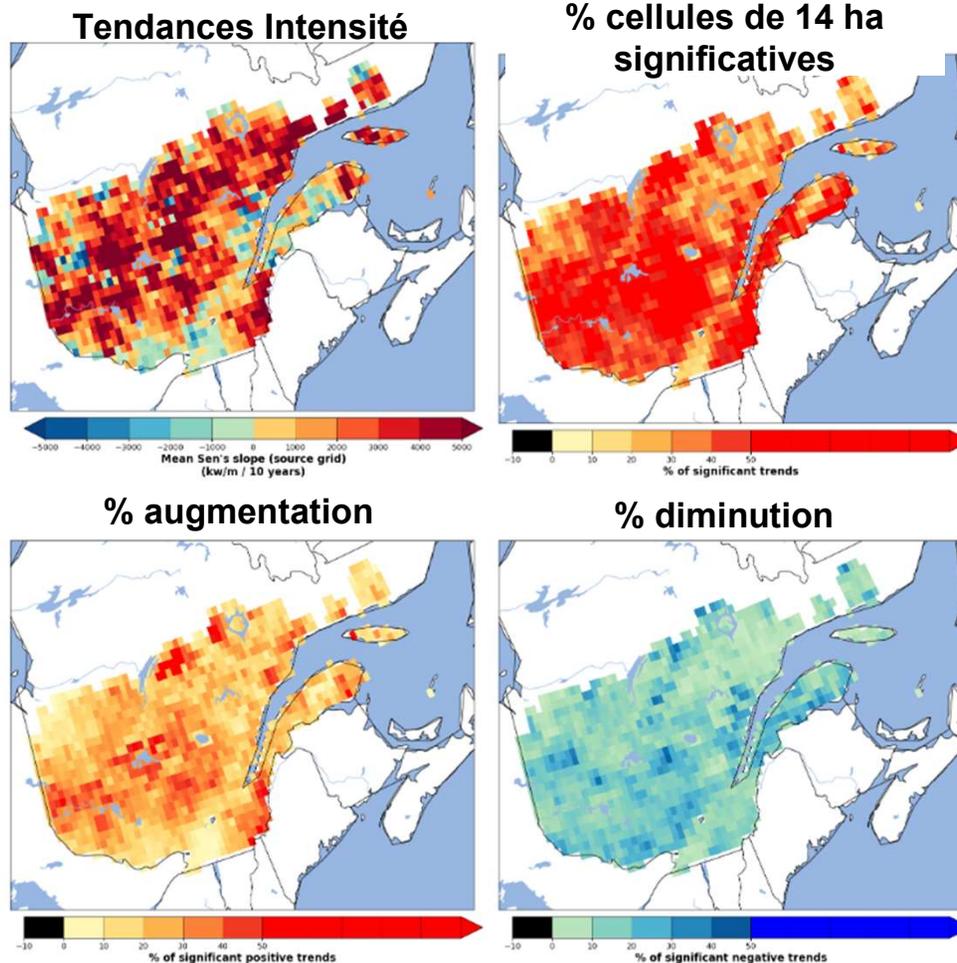


Intensité du front de flammes (kW/m) à partir des combustibles et de la météo historiques



Scénario 3: Météo & Combustibles historiques

Tendances significatives à l'échelle
de certaines cellules de 14 ha
Certaines sont en augmentation alors
que d'autres sont en diminution
(1977-2022)

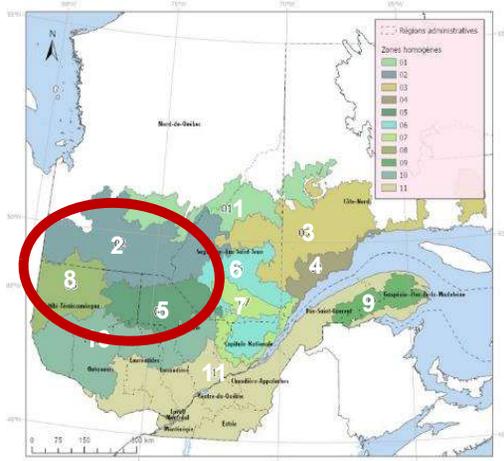
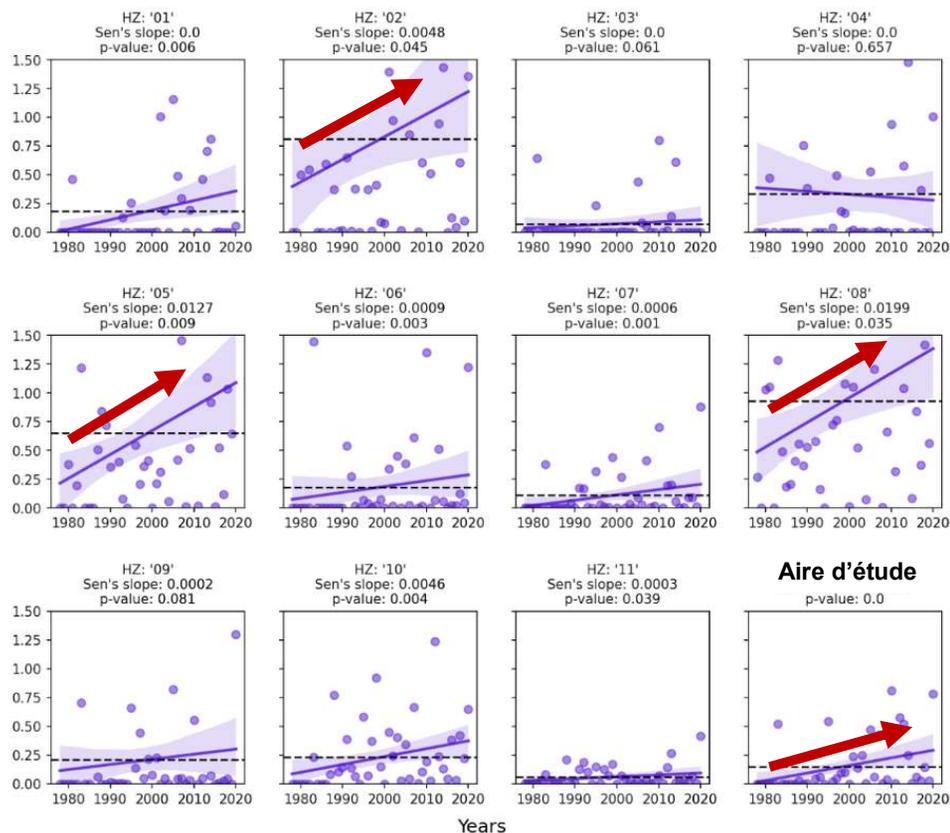


Nombre de jours avec comportement de feu extrême



Augmentation du nombre de jours avec >10 000 kW/m (1977-2022)

Nombre de jours avec >10 000 kW/m



Impact des changements climatiques sur la charge de travail des équipes de combat



Charge de travail des équipes de combat

Nombre d'heures travaillées **sur feu** par les équipes de combat, soit les **pompiers forestiers** et les **avions-citernes**;

Influencé par :

- Nombre et superficie des feux;
- Climat et météo;
- Difficulté de combat (feux profondeur vs. surface);
- Végétation ou combustible;
- Localisation et mandat (ex. ZPI vs. ZPN);
- Décision opérationnelle (priorisation);
- Etc.



Effet des changements climatiques sur régimes de feux

Pour le Québec, des travaux sur le sujet prévoient des hausses au niveau :

- De l'occurrence des feux;
- Des superficies annuelles brûlées (SAB);
- De la probabilité de propagation ;
- Du nombre de jours où l'intensité dépasse les limites d'intervention des équipes de combat.



Gauthier, S., Bernier, P. Y., Boulanger, Y., Guo, J., Guindon, L., Beaudoin, A., & Boucher, D. (2015). Vulnerability of timber supply to projected changes in fire regime in Canada ' s managed forests. *Canadian Journal of Forest Research* 1447(June), 1439–1447.

Boulanger, Y., Gauthier, S., & Burton, P. J. (2014). A refinement of models projecting future Canadian fire regimes using homogeneous fire regime zones. *Canadian Journal of Forest Research*, 44(4), 365–376.

Wotton, B. M., Flannigan, M. D., & Marshall, G. A. (2017). Potential climate change impacts on fire intensity and key wildfire suppression thresholds in Canada Potential climate change impacts on fire intensity and key wildfire suppression thresholds in Canada. *Environmental Research Letters*, 12(095003).

Évaluer la charge de travail future

1. Modélisant spatialement la charge de travail actuelle (1994-2018), en fonction de variables pour lesquelles des changements sont prévus :

$$\text{Charge de travail} = \text{Occ.Feux} + \text{SAB} + \text{Prob.Propag} + \text{Intensité}$$

2. À partir de ce modèle de référence, prédire la charge de travail pour la moitié et fin du siècle :

$$\text{Charge de travail}_{\text{Future}} = [\text{Occ.Feux} + \text{SAB} + \text{Prob.Propag} + \text{Intensité}] \times \text{C.C.}$$

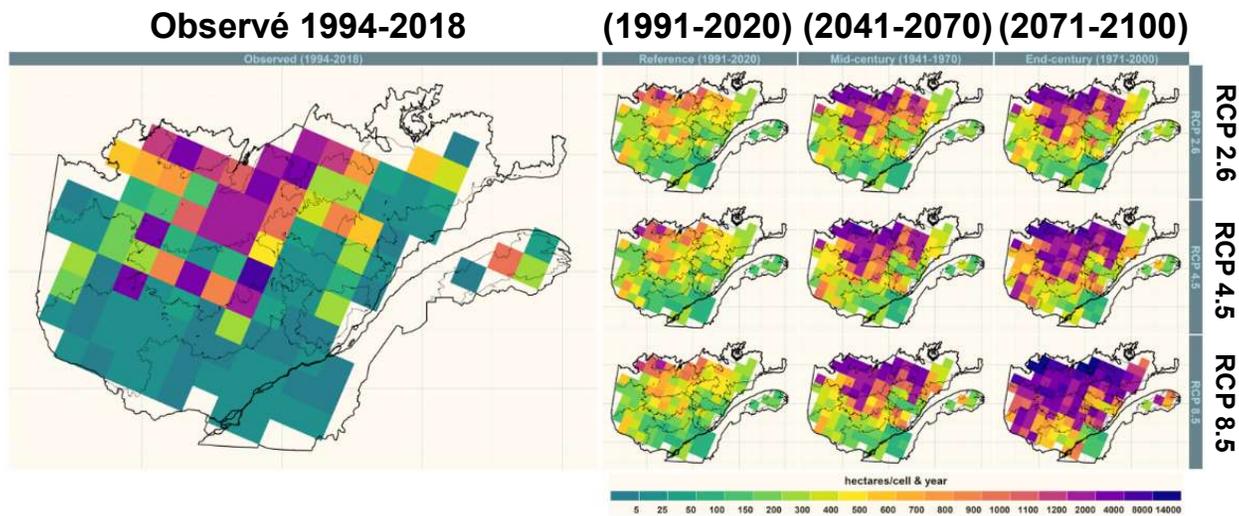
- Trois GCM (CanESM2, HadGEM3 and MIROC-ESM) → **Moyenne**;
- Trois scénarios climatiques RCP (*Representative Concentration pathways*): 2.6, 4.5 et 8.5;
- Trois périodes (1991-2020, 2041-2070 et 2071-2100).



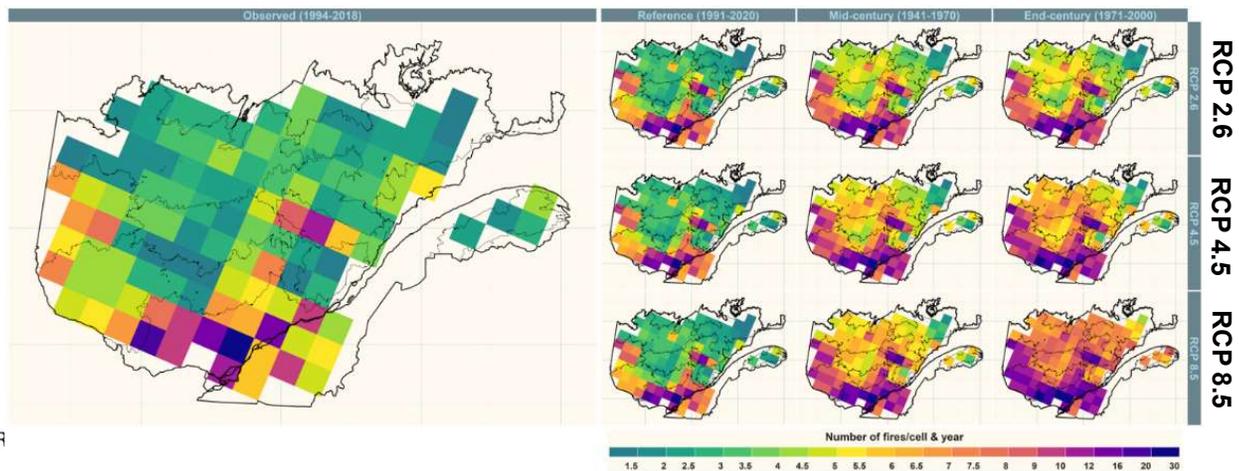
Effets des C.C. sur le potentiel d'incendie



Superficie annuelle brûlée



Nombre de feux

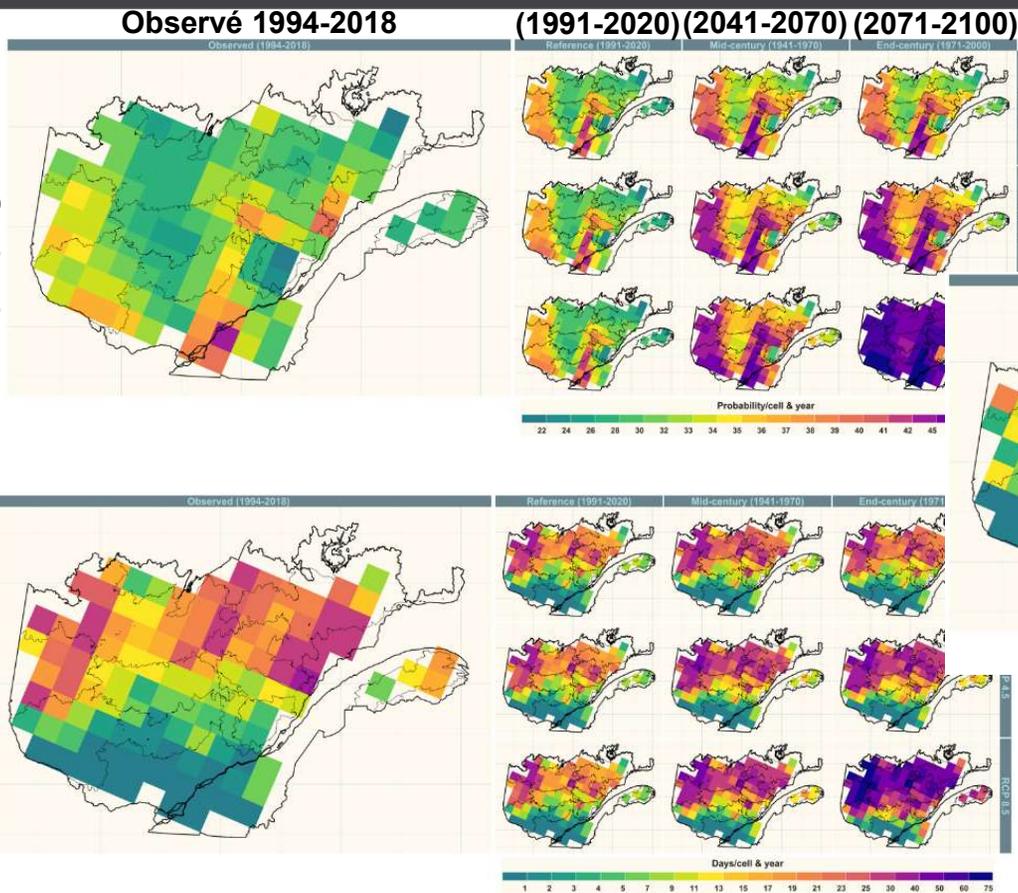


Effets des C.C. sur le potentiel d'incendie

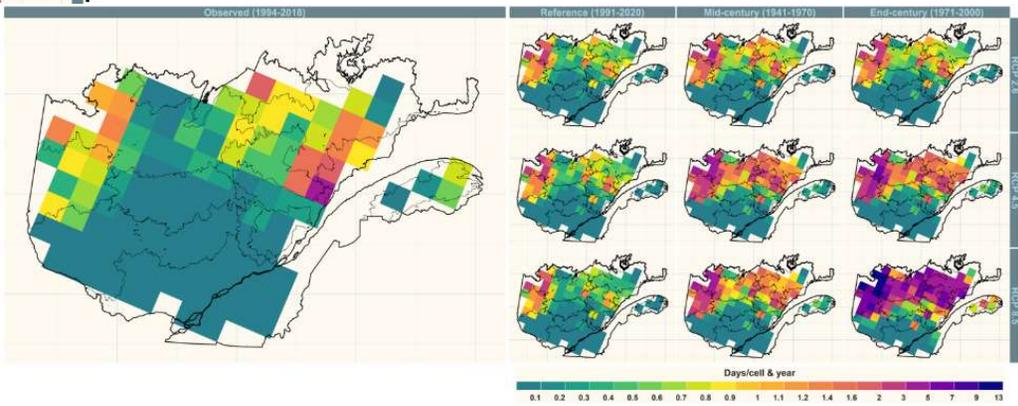


Journée favorable à la propagation

Intensité ≥ 2000 kW/m



Intensité ≥ 10000 kW/m

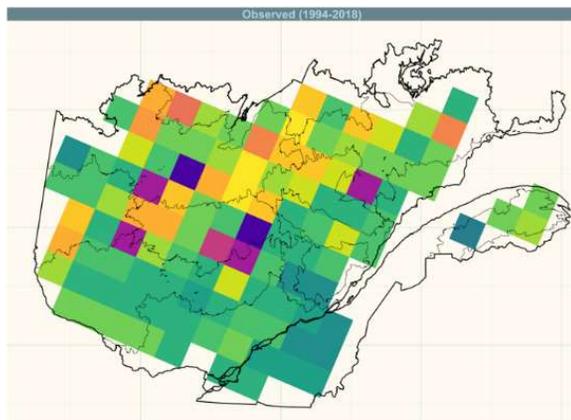


Charge de travail future pompiers et avions-citernes

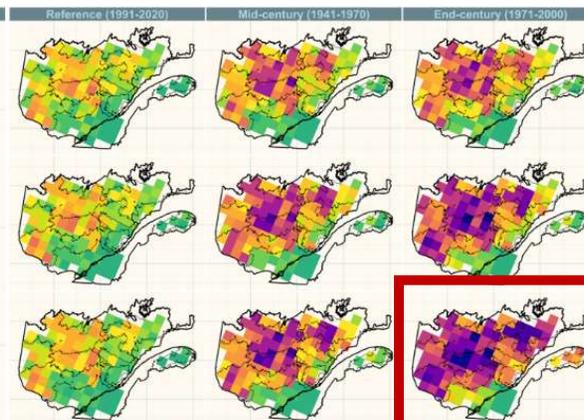


Pompiers forestiers

Observé 1994-2018



(1991-2020) (2041-2070) (2071-2100)



Number of hours/cell & year

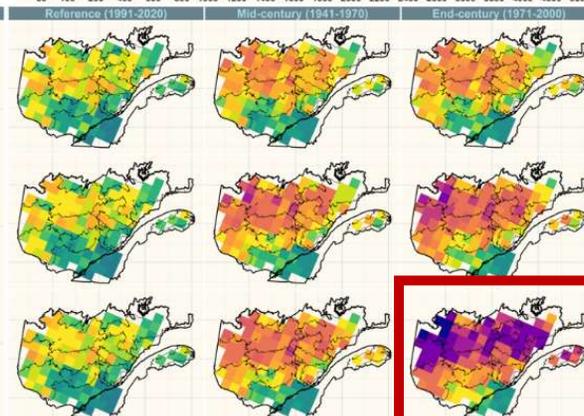
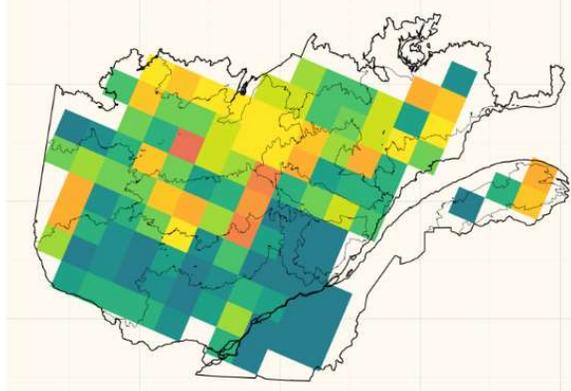
RCP 2.6
RCP 4.5
RCP 8.5

≈ 2.6 fois plus



Avions-citernes

Observé (1994-2018)



hectares/cell & year

RCP 2.6
RCP 4.5
RCP 8.5

≈ 4.3 fois plus

3 4 5 6 7 8 9 10 12 14 16 18 20 25 30 35 40 70 100 150

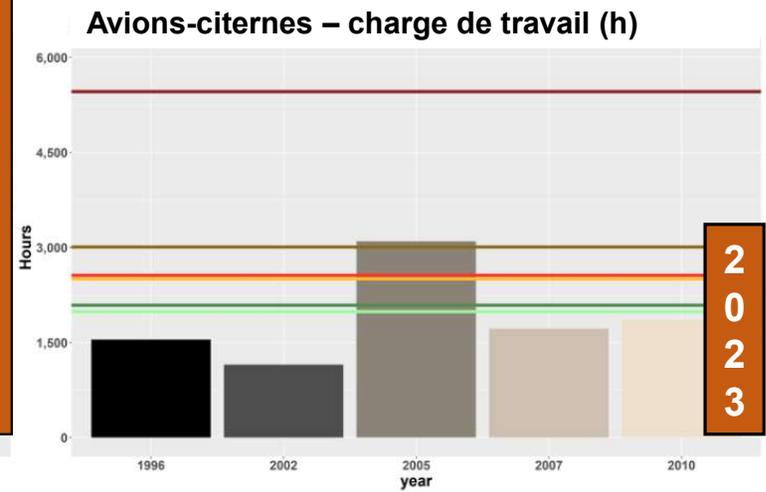
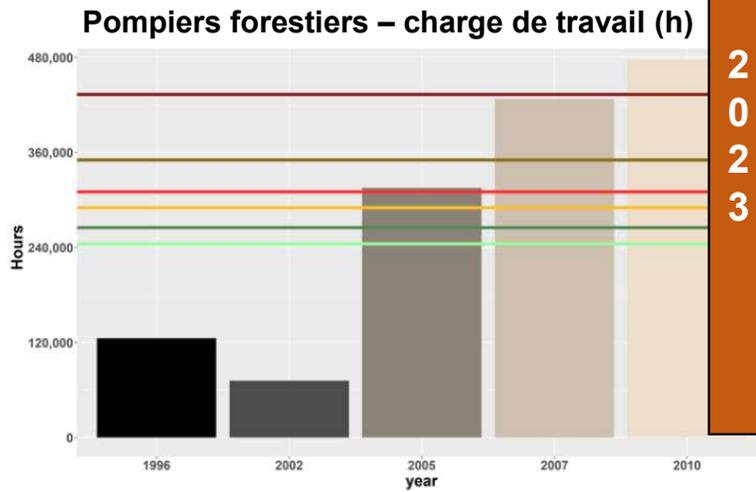
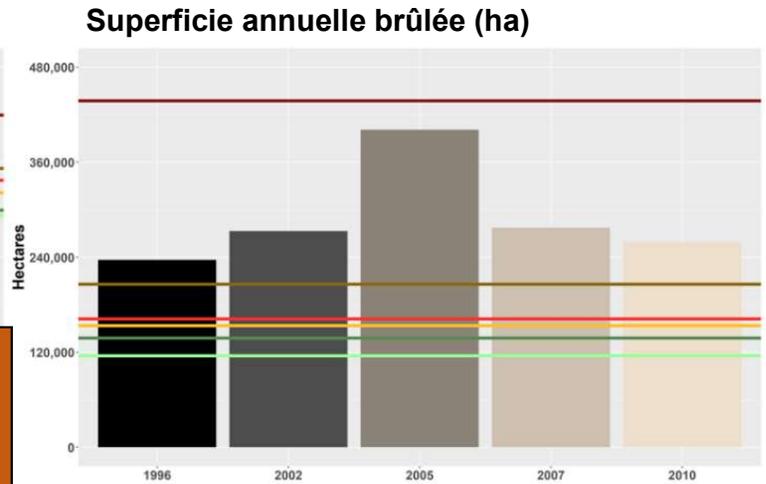
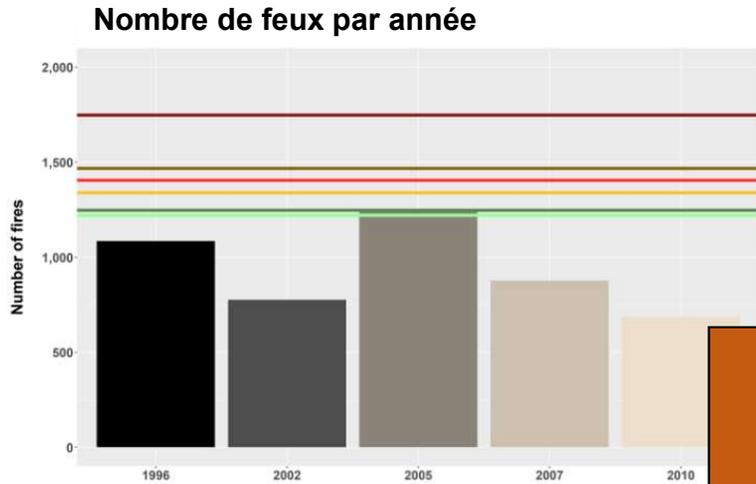


Comparaison des prévisions avec grosses années du passé



Valeurs projetées

- RCP 2.6 2041-2070
- RCP 2.6 2071-2100
- RCP 4.5 2041-2070
- RCP 4.5 2071-2100
- RCP 8.5 2041-2070
- RCP 8.5 2071-2100



Est-ce que la saison de feux 2023 est liée aux C.C.?



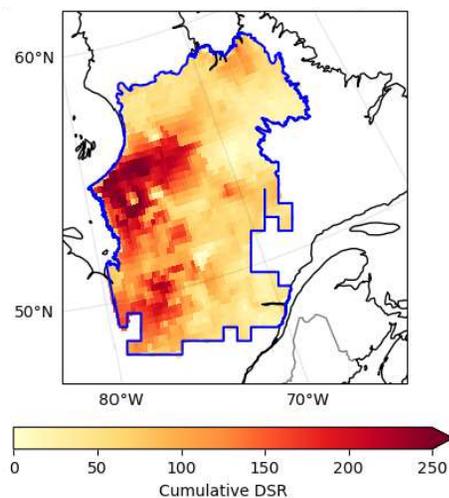
Le **changement climatique a augmenté** la gravité cumulative de la saison des incendies au Québec en 2023;

Les saisons de cette gravité sont **au moins sept fois** plus susceptibles de se produire;

Dans le climat actuel, des conditions intenses comme celles observées en mai-juillet 2023 constituent un événement modérément extrême, qui **devrait se produire une fois tous les 20-25 ans**;

Cela signifie qu'au cours d'une année donnée, un tel événement est attendu avec une **probabilité de 4 à 5 %**.

Indice de Gravité cumulée sur l'aire d'étude (jan-juil 2023)



Indice de Gravité cumulée annuellement sur l'aire d'étude

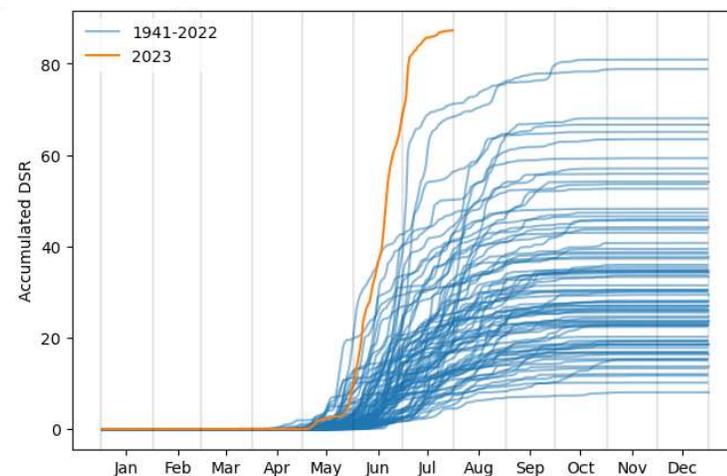


Figure 3: (a) Map of cumDSR from January-July 2023 within the study region; (b) annual accumulation of daily severity rating (DSR) averaged over the study region, with 2023 values in orange. All data taken from ERA5.

Barnes C., Boulanger Y., Keeping T., Gachon P., Gillett N., Boucher J., Roberge F., Kew S., Haas O., Heinrich D., Vahlberg M., Singh R., Elbe M., Sivanu S., Arrighi J., Van Aalst M., Otto F., Zacharian M., Krikken F., Wang X., Erni S., Pietropalo E., Avis A., Bisailon A., Kimutai, J. 2023. Climate change more than doubled the likelihood of extreme fire weather conditions in eastern Canada. Scientific Report, <https://doi.org/10.25561/105981>.



En conclusion

À retenir

- Les saisons de feux sont très variables d'une année à l'autre;
- Si pour le moment les tendances au niveau des feux ne sont pas claires pour la ZPI;
- Il est clair que les conditions météo et le climat sont de plus en plus favorables aux incendies;
- Il est attendu que la charge de travail des pompiers forestiers et des avions-citernes augmente;

Source: Fort McMurray, 2016; The Washington Post



Solutions

- Augmenter la capacité de suppression des incendies de végétation;
- Gestion du risque et mise en place de mesures d'atténuation multi-échelles (maison – paysage);
- Planification stratégique des évacuations ;
- Développement urbain ou d'infrastructure en considérant les risques aux incendies de végétation;
- Rétroaction naturelle : plus feux -> moins de combustibles -> moins de feux ?

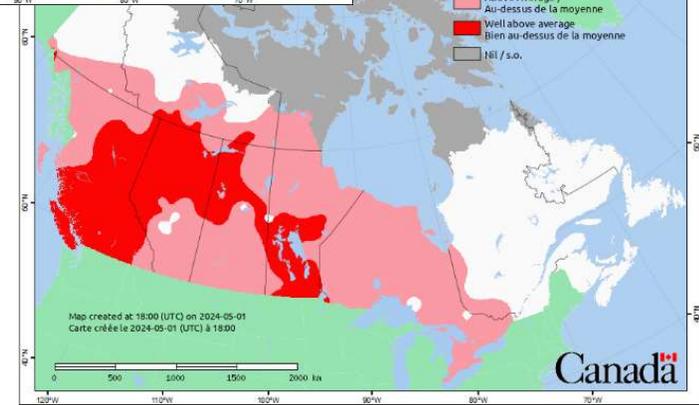
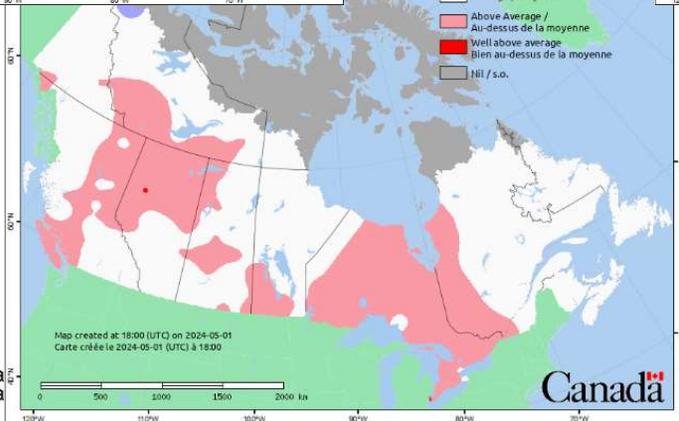
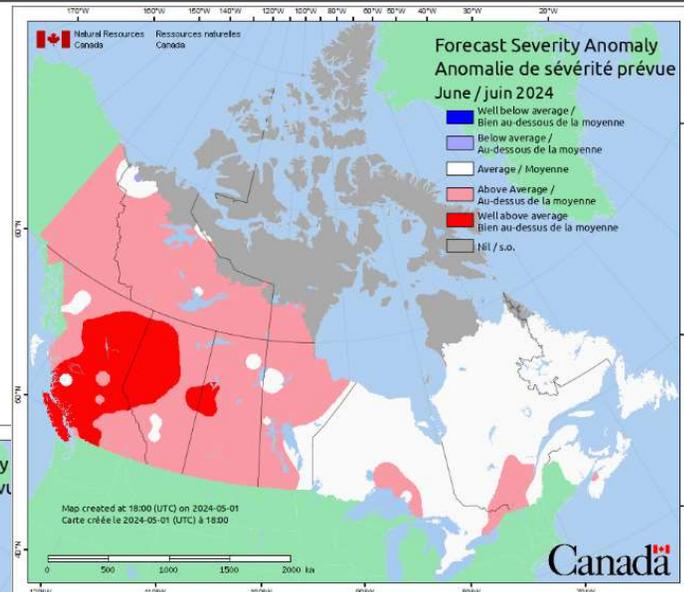
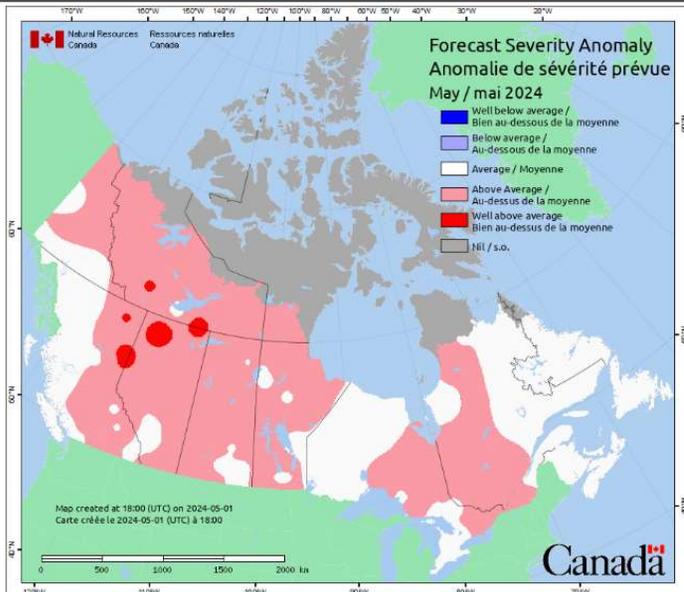


Merci!

jonathan.boucher@nrcan-rncan.gc.ca



Prévisions saisonnières en date du 1^{er} mai 2024



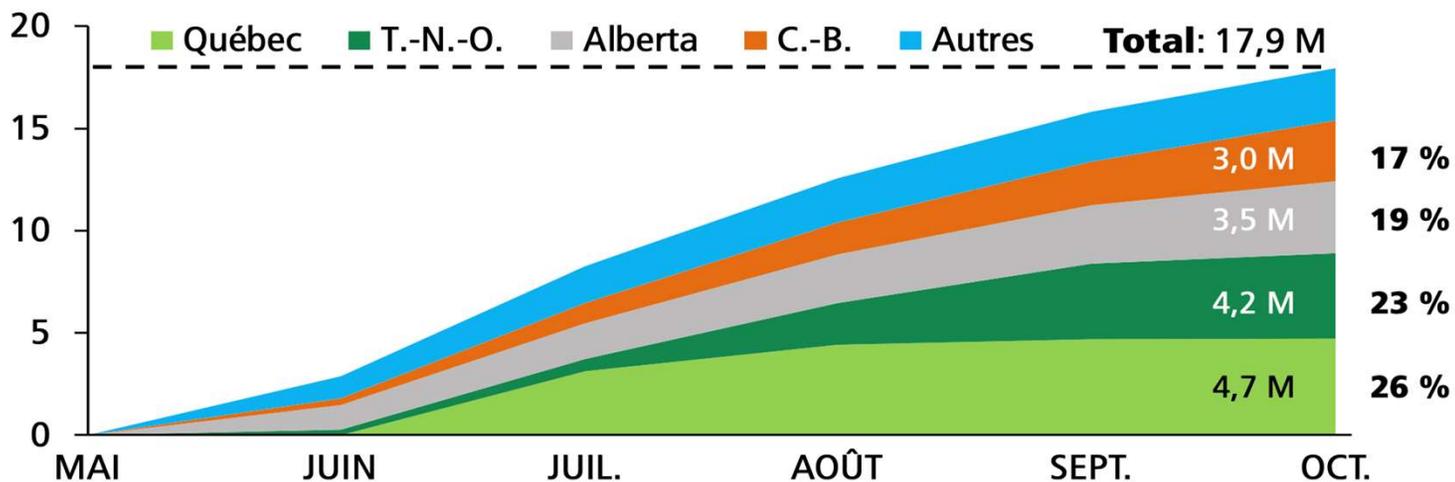


**COMPRENDRE LES
CONSÉQUENCES SOCIALES
DES FEUX DE FORÊT**

Le Québec a été la province la plus touchée, suivie des Territoires du Nord-Ouest

Superficie cumulative brûlée, par mois, du 1^{er} mai au 1^{er} octobre 2023

Millions d'hectares

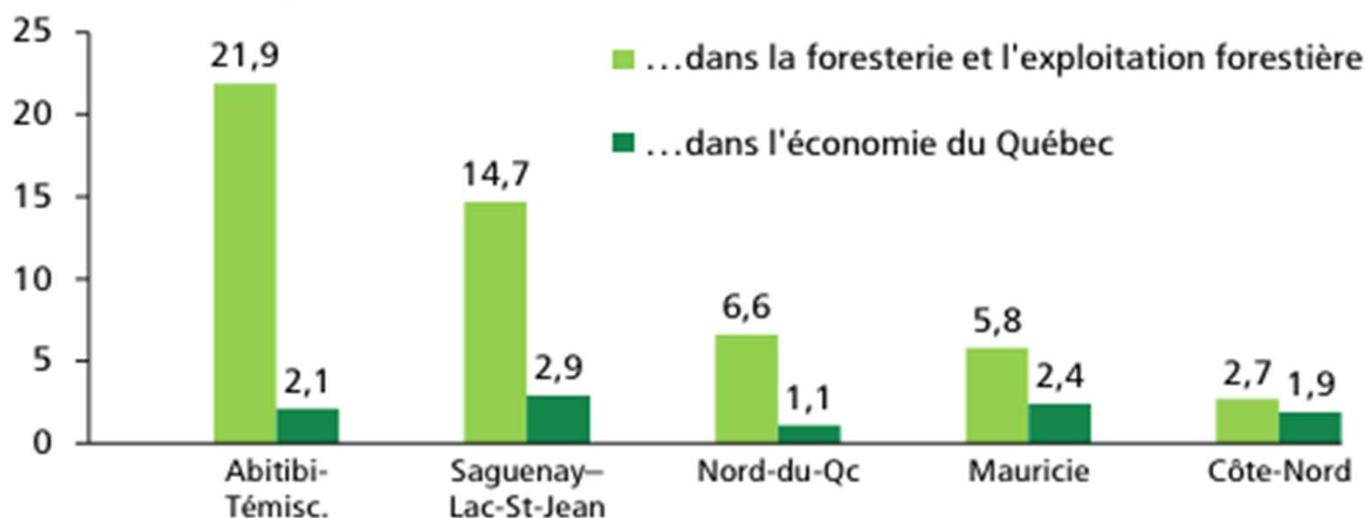


Sources : Ressources naturelles Canada et Desjardins, Études économiques

Les principales régions touchées par les feux représentent 10 % du PIB du Québec, mais 52 % du PIB du secteur de la foresterie

Poids économique des régions administratives...

En % du PIB aux prix de base, 2021



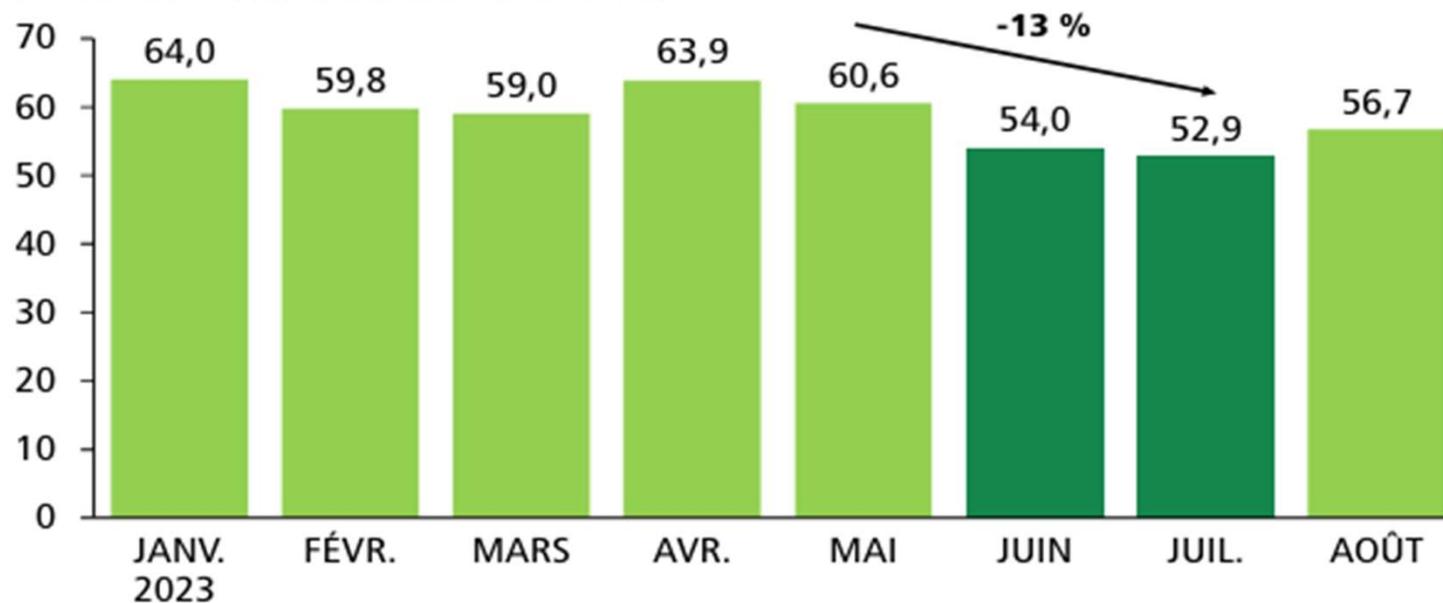
Note : Foresterie et exploitation forestière correspond au code SCIAN 113.

Sources : Institut de la statistique du Québec et Desjardins, Études économiques

Québec : les volumes d'exportation de bois d'œuvre résineux ont reculé en juin et en juillet, pour ensuite remonter en août (+ 7 %)

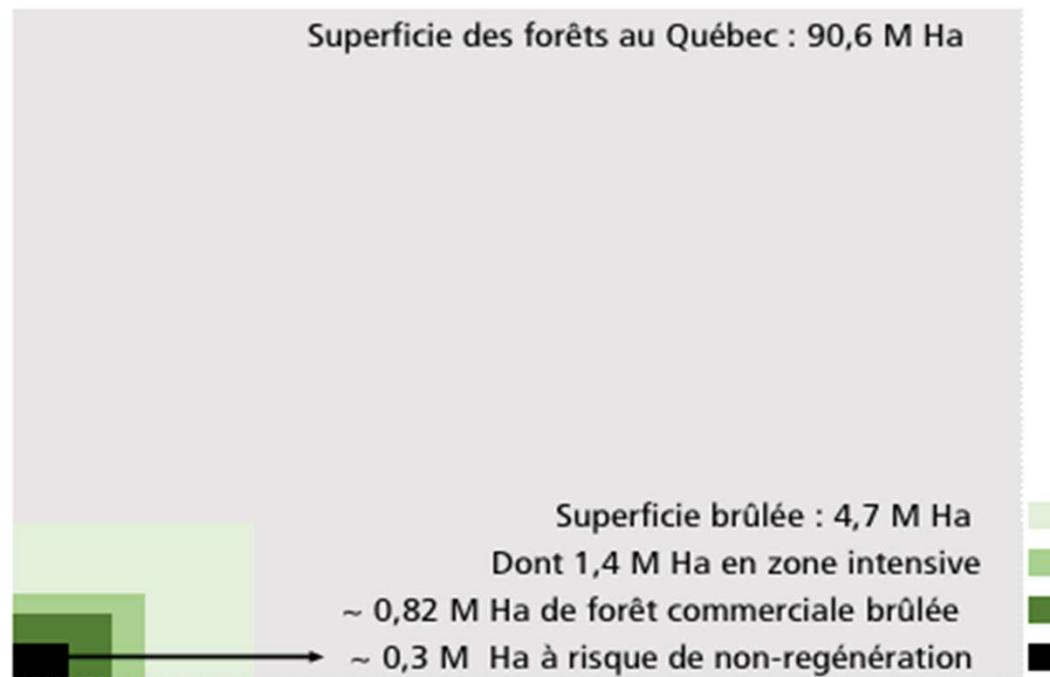
Exportations québécoises, données désaisonnalisées

En millions de dollars constants de 2012



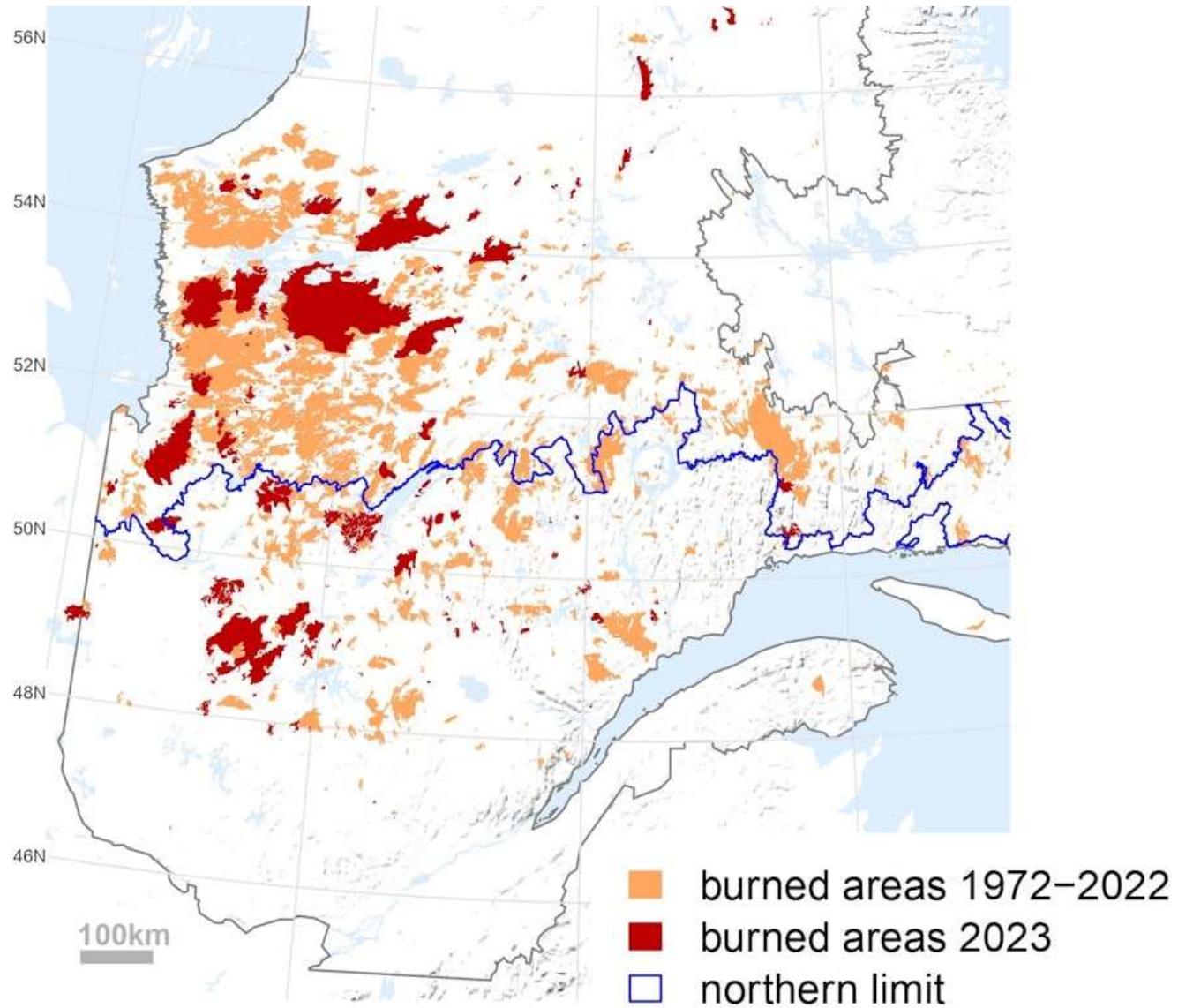
Sources : Institut de la statistique du Québec et Desjardins, Études économiques

Québec : plus du tiers de la forêt commerciale brûlée serait à risque de non-régénération



Sources : SOPFEU, Ressources naturelles Canada, Ministère des Ressources naturelles du Québec, UQAC, Radio-Canada, et Desjardins, Études économiques

Localisation des zones de feux
de forêt entre 1972 et 2023 au
Québec



Source : theconversation.com

Feux de forêt de 2023, quelques faits au Québec



- 700 incendies, 5,1 millions d'hectares brûlés
- Sur la superficie totale brûlée, les trois quarts (3,8 millions d'hectares) se trouvent dans la zone nord
- Évacuation des communautés rurales et autochtones
- Habitats fauniques et territoires autochtones touchés





En 2023, 27 000 personnes ont été évacuées
(SOPFEU)

COMMUNAUTÉS ÉVACUÉES

• Chibougamau	7 200
• Abitibi-Témiscamingue	11 000
• Mani-Utenam / Sept-Îles	4 500
• Communauté crie de Mistissini	4 000
• Lebel-sur-Quévillon	2 000
• Radisson à Baie-James	500
• Communautés cries du Nord-du-Québec	
• Chisasibi	4 872
• Waskaganish	2 500

LES CENTRES D'ÉVACUATION

- La ville de Val-d'Or
- La ville voisine de Senneterre
- Montréal
- Rouyn-Noranda
- Etc.

Environ **60 évacuations de feux de forêt** ont lieu chaque année au Québec. Elles se produisent principalement dans des communautés éloignées et/ou autochtones (Ouranos).



Communautés éloignées / communautés des Premières nations

- Les Premières nations et les communautés dont la population est essentiellement autochtone subissent 42 % des évacuations pour cause d'incendie de forêt, alors qu'elles représentent 5 % de la population du Canada.

Source : Profil de risque pour la santé publique : Incendies de forêt au Canada, 2023



Communautés éloignées / communautés des Premières nations

Vulnérable aux perturbations des services essentiels tels que :

- l'électricité,
- l'eau potable,
- télécommunications et
- l'approvisionnement en denrées alimentaires.

Source : CBC News CBC News 16 décembre 2023



Communautés éloignées / communautés des Premières nations

Ils dépendent souvent d'infrastructures fragiles et peuvent être isolés en cas d'incendie, ce qui affecte directement la fourniture de services essentiels.

"Tout le monde doit évacuer par avion, car la route Billy-Diamond, la seule qui se rend jusqu'à Radisson, est bloquée en raison d'un gros feu", a expliqué Aurèle Gravel, président suppléant de Radisson

Source : le journal de Montréal - Anne-sophie Girard

Instabilité du logement

- Centres d'évacuation surpeuplés :
Les personnes partagent souvent des espaces de vie et des installations sanitaires, ce qui augmente le risque de transmission de maladies respiratoires et de maladies diarrhéiques entre les résidents. Source : Profil de risque pour la santé publique : Incendies de forêt au Canada, 2023

Plus 800 personnes ont trouvé place au Centre multisports de Val-d'Or.
Source : Radio-Canada / Marc-Olivier Thibault



Personnes évacuées à la suite des incendies de Fort McMurray en Alberta, 2016

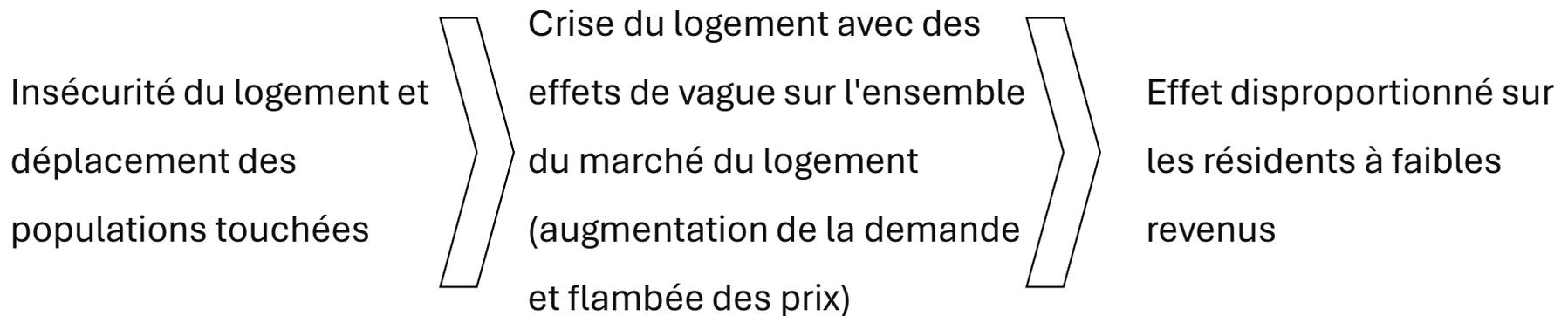


Instabilité du logement

- Un quartier incendié est vu à Paradise, en Californie, le 15 novembre 2018.
- La perte de 5 % du parc immobilier, qui met plus de 6 000 ménages à la recherche d'un logement locatif.

Le crédit photo doit se lire JOSH EDELSON/AFP/Getty Images

Instabilité du logement



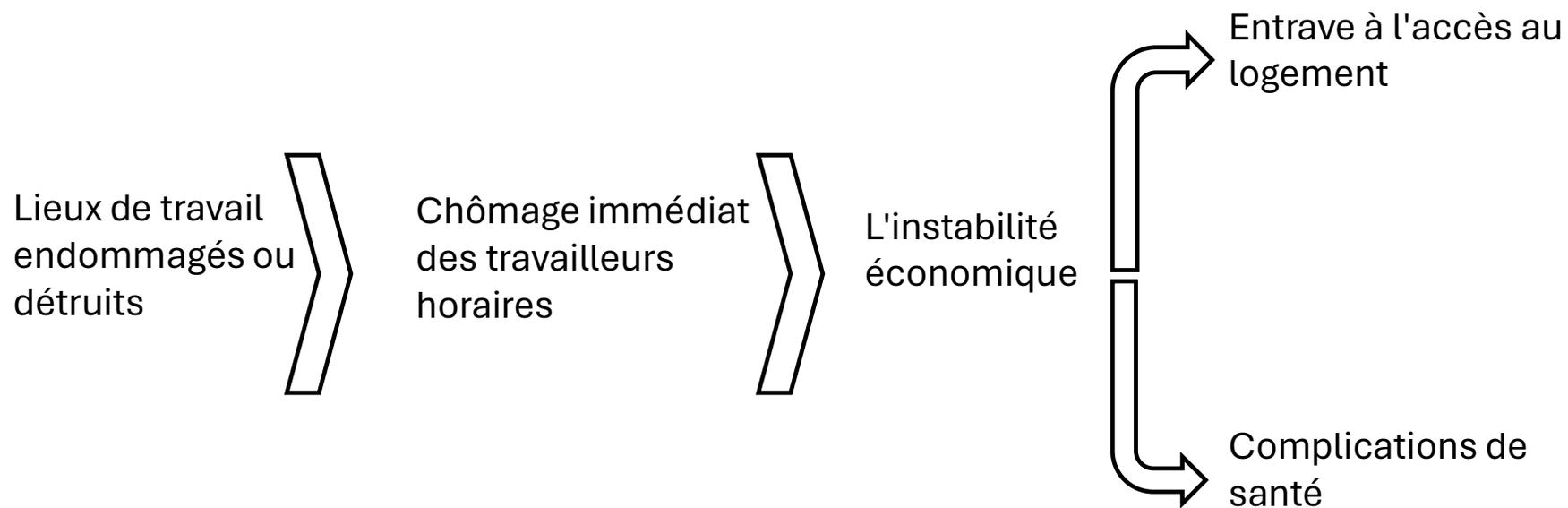
Conséquences économiques



Les pertes nettes dues aux incendies de forêt ont été estimées entre 10,5 et 13,5 milliards de dollars (CIFQ)

- Les pertes de revenus des scieries
 - La valeur du bois mature, destiné à la récolte, qui a été brûlé
 - La valeur du bois prémature
 - Les coûts pour lutter contre les incendies
 - Les pertes d'équipements forestiers détruits par les incendies
 - Les coûts pour récupérer le bois brûlé
 - Les effets de réduction de la possibilité forestière
- 

Effet de vague



Effet de vague



- L'effet de vague que les incendies de forêt ont sur les communautés environnantes,
- Impact sur l'accès au logement, aux services sociaux et aux soins de santé
- Effet de vague sur le marché du logement en général, avec une augmentation de la demande et une flambée des prix, affectant de manière disproportionnée les résidents à faibles revenus.



Disparités sociales

Des sans-abri discutent dans le stationnement d'un commerce, loin des regards.

Source : OLIVIER JEAN, LA PRESSE

Les évacuations peuvent exacerber les conditions socio-économiques et les inégalités préexistantes dans certaines communautés autochtones, telles que l'insuffisance de logements, le manque d'infrastructures, l'absence de planification d'urgence et l'accès aux commodités.

Recommandations d'actions

- **Améliorer la communication sur les risques** : Élaborer des plans efficaces de communication des risques et d'évacuation.
- **Renforcer la résilience des communautés** : S'attaquer aux facteurs socio-économiques et démographiques, renforcer le capital social, la cohésion communautaire et l'accès aux ressources.
- **Promouvoir l'éducation** : Mettre en œuvre des initiatives de communication et d'éducation pour la préparation et la réponse aux incendies de forêt.
- **Intégrer les perspectives culturelles** : Reconnaître et intégrer les valeurs culturelles autochtones et les connaissances traditionnelles dans la gestion des incendies de forêt.
- **Gérer les impacts économiques** : Atténuer les dommages matériels, les coûts de la lutte contre les incendies et soutenir les efforts de rétablissement et de restauration à long terme.



QUESTIONS ??